



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 02 032 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**F 04 C 5/00**  
G 01 N 35/00  
G 01 N 21/62  
B 05 B 7/04  
// 865B 3/12

DE 195 02 032 A 1

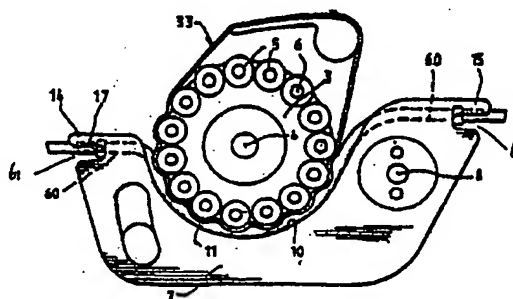
②① Aktenzeichen: 195 02 032.4  
②② Anmeldetag: 24. 1. 95  
④③ Offenlegungstag: 27. 7. 95

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
24.01.94 AU 3494/94 18.04.94 AU 5162/94  
⑦① Anmelder:  
Varian Australia Pty. Ltd., Mulgrave, Victoria, AU  
⑦④ Vertreter:  
Wuesthoff und Kollegen, 81541 München

⑦② Erfinder:  
Hammer, Michael Ron, Sassafras, Victoria, AU;  
Park, Christopher John, Mulgrave, Victoria, AU;  
Allen, Brian Lawrence, Berwick, Victoria, AU;  
Turney, Thomas Robert, Olinda, Victoria, AU

⑤④ Peristaltische Pumpe

⑤⑦ Peristaltische Pumpe, die eine Drehtrommel (2) mit Walzen (5) oder Nocken (5') zum Quetschen eines flexiblen Schlauchs (9) gegen eine profilierte Oberfläche (10) einer Druckplatte (7) umfaßt. Der Schlauch (9) ist zwischen Stützvorrichtungen (14 und 15) auf der Druckplatte (87) befestigt und automatisch, durch die Drehbewegung der Platte (7) um die Achse (8), die durch ein elektro-mechanisches Stellglied hervorgerufen wird, zwischen einer Außer-Betriebs- und einer Betriebs-(Pump-) Stellung bewegbar. Eine flexible Membran (33) ist zwischen Walzen (5) oder Nocken (5') angeordnet, um den Schlauch (9) von Scherkräften zu befreien. Die Bauweise der Pumpe und die Form des Profils (10) sind so ausgeführt, daß das Pulsieren des Ausgangstroms minimiert wird. Systeme zur Zuführung einer Probe zu einer spektroskopischen Vorrichtung zur Analyse unter Verwendung einer peristaltischen Pumpe sind ebenfalls beschrieben.



DE 195 02 032 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft peristaltische Pumpen und insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, Pumpen, die die Menge des gepumpten Materials über einen bestimmten Zeitraum genau steuern, z. B. die Zuführung einer Probe zu einer spektroskopischen Vorrichtung zur Analyse durch diese Vorrichtung. Die Erfindung betrifft ebenfalls die spektroskopische Analyse von Stoffen und bezieht sich insbesondere auf ein System und Verfahren, bei dem Proben zur Analyse einer spektroskopischen Vorrichtung zugeführt werden. Es ist zweckdienlich, die Erfindung im folgenden in bezug auf die spektroskopische Vorrichtung zu beschreiben, es versteht sich jedoch, daß eine erfindungsgemäße Pumpe auch andere Anwendungsmöglichkeiten hat.

Peristaltische Pumpen sind bekannt und umfassen eine Drehtrommel mit einer Vielzahl von an ihrem Umfang angeordneten Walzen und einen flexiblen Schlauch, der durch eine Druckplatte an der Trommelperipherie gehalten und durch den (beispielsweise) Flüssigkeit gepumpt wird. Der Schlauch wird durch zwei beabstandete feststehende Stützvorrichtungen gehalten und die Flüssigkeit mittels eines beweglichen Quetschbereichs, der durch die auf den Schlauch drückenden Walzen bei Drehung der Trommel erzeugt wird, durch den Schlauch befördert.

Pumpen der vorgenannten Art weisen Probleme auf, die dazu führen können, daß sie für bestimmte Anwendungen ungeeignet sind. Ein solches Problem ist die Neigung des Schlauches sich zu verformen und eine bleibende Verformung anzunehmen, die ihn für eine weitere Verwendung unbrauchbar macht. Im Betrieb wird der Schlauch über die Trommel gezogen und an den feststehenden Stützvorrichtungen befestigt, um so die korrekte Längsspannung zu erreichen. Wenn der Schlauch über längere Zeiträume in Betriebsstellung belassen wird und die Pumpe steht, kann die zuvor genannte Verformung auftreten. Daher ist es üblich, die Druckplatte und die Schlauchspannung am Ende jedes Nutzungszeitraums zu lösen, dies wird jedoch häufig, entweder versehentlich oder aufgrund der Bauweise, nicht beachtet, vor allem weil die Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft der Pumpe äußerst mühsam ist.

Ein weiteres Problem peristaltischer Pumpen ist, daß der Ausgangsstrom ein pulsierender Strom ist und das kann dazu führen, daß solche Pumpen für gewisse Aufgaben ungeeignet sind. Beispielsweise macht der pulsierende Strom solche Pumpen für eine Verwendung bei der Zuführung einer Probe zu einem Zerstäuber einer spektroskopischen Vorrichtung zur Analyse unbrauchbar. Diese Schwierigkeit kann durch Betrieb der Pumpe mit einer sehr hohen Geschwindigkeit behoben werden, jedoch ist ein solcher Betrieb nicht immer möglich oder zweckdienlich.

Ein weiteres Problem bei peristaltischen Pumpen, die zum genauen Zuführen von Materialien verwendet werden sollen, ist daß die Größentoleranzen bei der Herstellung der einzelnen Bauteile, wie etwa der Trommel und der Walzen, sowie die Genauigkeitstoleranzen bei der Montage der verschiedenen Teile notwendigerweise ziemlich klein sind, um die erforderliche Genauigkeit beim Betrieb der Pumpe zu gewährleisten, was einen erheblichen Teil ihrer Kosten ausmacht. Darüberhinaus korrodieren die Rollenlager bei bekannten Pumpen häufig und führen zu einem unzuverlässigen Betrieb.

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, eine peristaltische Pumpe vorzusehen, bei der eines oder mehrere der zu-

vor genannten Probleme verringert sind. Eine weitere Aufgabe ist es, eine peristaltische Pumpe von relativ einfacher Bauweise bereitzustellen, die relativ preiswert herzustellen ist.

Eine peristaltische Pumpe gemäß der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine Schlauchstützvorrichtung zwischen der beladenen und unbeladenen Stellung relativ zur Trommel beweglich ist, statt eine feste Stellung relativ zur Trommel, wie bei früheren Konstruktionen, einzunehmen.

Daher ist eine peristaltische Pumpe vorgesehen, die eine Drehtrommel mit Kompressionselementen an ihrem Umfang, einen flexiblen Schlauch, der sich zwischen zwei beabstandeten Stützvorrichtungen erstreckt, und eine bewegliche Druckplatte zum Halten des Schlauchs am Umfang der Trommel zwischen den zwei beabstandeten Stützvorrichtungen, aufweist, so daß bei Drehung der Trommel die Kompressionselemente den Schlauch gegen die Druckplatte drücken, um Flüssigkeit durch den Schlauch zu befördern, wobei zumindest eine der Schlauchstützvorrichtungen relativ zur Trommel beweglich ist, damit der Schlauch eine Betriebs- und eine Außer-Betriebsstellung einnehmen kann, wobei der Schlauch in der Betriebsstellung pumpen kann.

Vorzugsweise ist die bewegliche Stützvorrichtung an der Druckplatte befestigt oder integral mit ihr ausgeformt, um so mit der Platte zwischen Betriebs- und Ruhestellung bewegt werden zu können.

In der Vergangenheit war es üblich, die Druckplatte in Pumpenbetriebsstellung mit Hilfe einer federbestückten Klemme oder ähnlichem zu befestigen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, wird die Druckplatte mit Hilfe eines elektro-mechanischen Stellglieds in Betriebsstellung gebracht. Es wird ferner bevorzugt, daß die Druckplatte einem Steuersystem zugeordnet ist, so daß sie automatisch zwischen ihrer Betriebs- und Außer-Betriebsstellung bewegt werden kann. Daher wird, bei dieser bevorzugten Ausführungsform, eine peristaltische Pumpe vorgesehen, bei der die Schlauchspannung automatisch hergestellt wird, wenn die Pumpe für den Betrieb eingerichtet wird, und bei der nach jeder Betriebsabfolge der Schlauch entspannt wird.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist, daß die bekannte Drehtrommel und die Walzenanordnung bei einer erfindungsgemäßen peristaltischen Pumpe durch einen Nocken ersetzt werden kann, dessen Profil eine Vielzahl von Nockenflächen zum Quetschen des Schlauchs aufweist. Daher umfaßt eine erfindungsgemäße Pumpe Schlauchkompressionselemente, die die Form von Walzen oder festen Nockenflächen am Umfang der Trommel aufweisen können.

Ein weiteres Merkmal einer erfindungsgemäßen Pumpe ist, daß die Druckplatte so profiliert ist, daß das Pulsieren und die mangelnde Stabilität des Ausgangstroms minimiert sind. Diese Profilierung wird auf die Oberfläche der Druckplatte aufgebracht, die der Trommel gegenüberliegt; sie ist somit die Oberfläche, die den Schlauch gegen die Trommelwalzen oder Nockenflächen stützt. Vorzugsweise umfaßt oder besteht die Druckplattenoberfläche aus mindestens zwei Bereichen, nämlich einem Quetschbereich und einem Ausdehnungsbereich, der sich in bezug auf die Fließrichtung durch den Schlauch stromabwärts von dem Quetschbereich befindet. Der Quetschbereich ist so angeordnet, daß der mit den Walzen oder Nockenflächen der Trommel zusammenwirkt, so daß die vorgenannten Quetschbereiche in diesem Bereich entstehen. Der Ausdeh-

nungsbereich folgt vorzugsweise direkt auf den Quetschbereich und ist so angeordnet, daß sich der Abstand zwischen ihm und der Trommel in Stromabwärtsrichtung progressiv vergrößert. Eine Anordnung weist stromaufwärts vom Quetschbereich einen dritten Bereich auf, der Eintrittsbereich genannt wird, und so angeordnet ist, daß sich der Abstand zwischen ihm und der Trommel in Stromabwärtsrichtung progressiv verringert.

Der Betrieb einer peristaltischen Pumpe entspricht im wesentlichen der Bewegung einer Verengung in Längsrichtung des Schlauchs, so daß eine im Schlauch vor der Verengung befindliche Flüssigkeit durch die Verengung durch den Schlauch gedrückt wird. Es gibt tatsächlich eine Vielzahl solcher Verengungen, die aufeinanderfolgend durch Walzen oder Nockenflächen erzeugt werden, wenn diese gegen den Abschnitt des Schlauchs bewegt werden, der mit der Druckplatte in Eingriff steht. Da sich jede Walze oder jeder Nocken von diesem Schlauchabschnitt weg bewegt, kann sich der Schlauch ausdehnen und sich somit das Innenvolumen des Schlauchs stromabwärts zur Druckplatte vergrößern. Durch diese Ausdehnung wird ein Pulsieren im Pumpenausgangsstrom erzeugt.

Das oben beschriebene Versehen der Druckplatte mit einem Ausdehnungsbereich ermöglicht die Verhinderung oder zumindest eine Verringerung des Pulsierens des Ausgangsstroms. Dies wird durch Gestaltung des Profils des Ausdehnungsbereichs erreicht, so daß eine im wesentlichen lineäre Beziehung zwischen der Winkeldrehung der Trommel und der Vergrößerung des Schlauchinnenvolumens, infolge des Rückzugs der Trommelwalze oder des Trommelnockens von dem Schlauch, besteht. Idealerweise sollte die lineare Beziehung so sein, daß das Innenvolumen durch das in einer einzigen Schlauchquetschung enthaltene Volumen, die durch eine Winkeldrehung verursacht wird, die dem Winkelabstand einer Walze oder Nockenfläche zur nächsten entspricht, erhöht wird, wodurch der Ausgangsstrom nicht pulsierend wird. Unter anderen Umständen kann es vorkommen, daß eine strikt lineare Beziehung nicht möglich ist, es ist jedoch möglich, die Amplitude der Pulse durch die oben beschriebene Profilierung auf ein akzeptables Maß zu verringern.

Darüberhinaus kann ein Abschnitt der Druckplatte so profiliert werden, daß über einen Bereich des Profils der Abstand zwischen den Nockenflächen oder Walzen der Drehtrommel geringer ist, als zum Abdichten des Schlauches erforderlich ist. Beim Betrieb wird der Schlauch durch die Nockenflächen oder Walzen mehr als nötig "zusammengequetscht", wodurch ein geringerer Genauigkeitsgrad bei der Bemessung und Montage der Pumpenteile bei der Herstellung angewendet werden kann, obwohl es das Hauptziel dieses Merkmals ist, einen geringeren Grad an relativer Positionierungsgenauigkeit der Pumpenteile zu ermöglichen.

Eine weitere Ursache für das Pulsieren des Ausgangsstroms der Pumpenkonstruktion, bei der die Kompressionselemente Walzen sind, ist der Reibungswiderstand bei der Drehung der Walzen. Jede Walze dreht sich aufgrund einer tangentialen Kraft, die zwischen ihr und dem Pumpenschlauch, der gegen Bewegungen mit der Trommel festgehalten wird, erzeugt wird. Diese Kraft bewirkt eine Längsdehnung des Schlauches und erzeugt Scherkräfte, da die Seite des Schlauches, die sich in Kontakt mit der Druckplatte befindet, nicht den gleichen tangentialen Kräften unterworfen ist. Solche Scherkräfte tragen zu Schlauchabnutzung und Ermü-

dungsbruch bei. Darüberhinaus kann sich der Schlauch, da sich jede Walze vom Schlauch zurückzieht, in Längsrichtung entspannen, wodurch eine Veränderung des Innenvolumens des Schlauchs hervorgerufen und ein Pulsieren im Ausgangsstrom erzeugt wird.

Frühere Versuche diese Probleme zu lösen waren nicht völlig zufriedenstellend. Ein Versuch bestand darin, den Reibungswiderstand zur Walzendrehung durch Befestigung der Walzen auf Kugellagern zu verringern, dies ist jedoch eine komplizierte und teure Vorgehensweise, die das Problem zwar verringert, jedoch nicht löst. Ein weiterer Versuch bestand darin, die Walzen über ein Planetengetriebe anzutreiben, und das ist sogar eine äußerst teure Vorgehensweise, die noch dazu das Problem nicht löst.

Um effektiv zu sein, muß die Drehgeschwindigkeit der Walzen genau mit der Verschiebungsgeschwindigkeit der Trommel über den Schlauch übereinstimmen, eine solche Übereinstimmung wird jedoch nur selten erreicht.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Merkmal der Erfindung, wird das zuvor genannte Problem gelöst oder zumindest erheblich verringert, und zwar durch Anordnen einer flexiblen Membran zwischen der Trommel und dem Schlauch, so daß die Membran und nicht der Schlauch die vorgenannten Scherkräfte absorbiert. Die Membran wird stromaufwärts von dem Bereich, in dem der Schlauch, wie zuvor beschrieben, gequetscht wird, verankert und besteht vorzugsweise aus einem Material, das sich nicht in Längsrichtung des Schlauchs dehnt. Geeignete Materialien umfassen Polyester, wie etwa Mylar und andere Kunststoffe sowie Metallfolie, wobei dies jedoch keine vollständige Liste ist.

Bei einer Pumpe mit Nockenflächen anstelle von Walzen, sind die Reibungskräfte auf dem Schlauch größer. Daher muß bei dieser Form der Pumpenkonstruktion eine flexible Membran zwischen dem Nocken und dem Schlauch angeordnet werden, um die Scherkräfte zu absorbieren, die sonst auf den Schlauch wirken würden. Es ist wünschenswert, daß die Kontaktflächen des Nockens und der Membran geschmiert werden, wobei eine derartige Schmierung durch ein Schmiermittel, z. B. Silikonfett, das auf die Membran oder die Nockenflächen aufgetragen wird, vorgenommen werden kann. Die Membran oder Nockenflächen können auch alternativ dazu selbstschmierend sein. Vorzugsweise besteht die Membran aus einem solchen Material oder ist so konstruiert, daß ihre, dem Nocken gegenüberliegende, Oberfläche sehr rutschig ist, wobei die Membran beispielsweise ein Laminat aus Mylar oder einem rutschigeren Kunststoff sein kann.

Wenn eine flexible Membran, wie oben beschrieben, zwischen der Trommel und dem Schlauch angeordnet ist, ist die auf den Schlauch in Betriebsstellung ausgeübte Zugspannung vorzugsweise sehr gering (d. h. nahe Null oder gleich Null), so daß die Elastizität des Schlauches ein Flüssigkeitsvolumen zwischen den nebeneinanderliegenden Walzen oder Nocken definiert, das von der Walzen- (oder Nocken-)geschwindigkeit unabhängig ist. Deshalb wird der Schlauch vorzugsweise relativ locker in seiner Betriebsstellung gehalten, wobei der Schlauch nur minimal oder gar nicht gedehnt wird.

An der Stelle, an der die Druckarmkraft durch ein elektro-mechanisches Stellglied, etwa durch einen mit gesteuertem Strom betriebenen Gleichstrommotor, erzeugt wird, können Reibung und andere Effekte des Stellglieds Ungewißheiten beim Ausgangsdrehmoment und somit bei der Druckplattenkraft verursachen. Eine

solche Ungewißheit ist unerwünscht und kann durch Pendeln des Strom-Sollwerts um seinen Mittelwert mit einer Geschwindigkeit, die hoch genug ist, den Betrieb des Systems nicht zu beeinflussen, und dennoch niedrig genug, daß das Stellglied darauf reagieren kann, vermieden werden.

Eine Technik, die in der Spektroskopie angewandt wird, ist die Herstellung einer Probenlösung, die den zu untersuchenden Stoff enthält, und die Zuführung dieser Lösung zu einem Zerstäuber, der eine gasförmige Wolke der Lösung in eine Flamme oder Plasma führt. Die Herstellung solcher Proben ist eine anspruchsvolle und zeitraubende Tätigkeit und die Erreichung eines geeigneten Maßes an Verdünnung ist eines der speziellen Probleme bei dieser Herstellungsweise. Es ist dabei erforderlich, zusätzlich zu den Probenlösungen Standardlösungen zum Vergleich herzustellen, wodurch noch mehr Zeit aufgewendet werden muß, um die Probenanalyse durchzuführen.

Es hat bereits einige Vorschläge gegeben, alle oder einige dieser zuvor genannten Probleme zu überwinden oder einzudämmen. Ein solcher Vorschlag ist von Jones in "Atomic Absorption Newsletter", Band 9, Nr. 1, Januar-Februar 1970, Seiten 1 bis 5, beschrieben. Der Jones-Vorschlag umfaßt das Verbinden separater Probenlösungs- und Verdünnungsmittelzufuhrvorrichtungen mit dem Zerstäuber durch einen T-Verbinder und die Zuführung der Probe zu diesem Verbinder durch eine steuerbare Spritzpumpe. Die Flüssigkeit fließt mit der natürlichen Ansauggeschwindigkeit des Systems in den Zerstäuber. Die Fließgeschwindigkeit der Probe wird durch die Pumpengeschwindigkeit gesteuert und die Strömung des Verdünnungsmittels stellt sich automatisch so ein, daß die Gesamtfließgeschwindigkeit konstant ist. Eine angemessene Variation der Pumpengeschwindigkeit führt dazu, daß ein gewünschtes Maß an Verdünnung in dem Probenstrom, der dem Zerstäuber zugeführt wird, erreicht wird.

Ein Nachteil des Jones-Vorschlags ist, daß die gleiche Pumpe für die Standardlösung bzw. Probenlösung verwendet wird. Es ist insbesondere erforderlich, den einen Lösungsbehälter mit dem anderen Lösungsbehälter austauschen zu können, wenn es erforderlich wird, von der Analyse der einen Lösung auf die andere umzustellen. Es wird außerdem eine Spritzpumpe verwendet und das heißt Verschleppung, langsamen Durchsatz, begrenztes Volumen und Probleme durch verschwendete Proben.

Die Verwendung einer erfindungsgemäßen peristaltischen Pumpe in einem System zur Zuführung einer Probe zu einer spektroskopischen Vorrichtung zur Analyse bietet den Vorteil, daß ein gleichmäßigerer Probenstrom zur Vorrichtung erreicht wird, als dies bei früheren derartigen Systemen der Fall war.

Daher ist es Aufgabe eines weiteren Aspekts der Erfindung ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zur Herstellung und Zuführung von Lösungen zur Analyse bereitzustellen.

Daher sieht die Erfindung auch ein System zur Zuführung einer Probe zu einer spektroskopischen Vorrichtung zur Analyse vor, das eine Vorrichtung zur Zuführung eines Probenlösungsstroms, eine Vorrichtung zur Zuführung eines Verdünnungsmittelstroms, eine Vorrichtung zum Verbinden der beiden Ströme und eine Vorrichtung zur Zuführung des kombinierten Stroms zu einem Zerstäuber einer spektroskopischen Vorrichtung mit einer im wesentlichen konstanten Fließgeschwindigkeit umfaßt, wobei die Vorrichtung zur Zuführung des

Probenlösungsstroms oder die Vorrichtung zur Zuführung des Verdünnungsmittelstroms eine erfindungsgemäße peristaltische Pumpe umfaßt, und das System so angeordnet ist, daß bei einer Variation der Fließgeschwindigkeit des Probenlösungsstroms oder des Verdünnungsmittelstroms der andere Strom (des Verdünnungsmittels oder der Probenlösung) ebenfalls automatisch variiert wird, um die im wesentlichen konstante Fließgeschwindigkeit zum Zerstäuber aufrechtzuerhalten.

Die Erfindung sieht ebenfalls ein Verfahren zur spektroskopischen Analyse vor, bei dem ein oben beschriebenes System verwendet wird, um eine Probe einem Zerstäuber einer spektroskopischen Vorrichtung zur Eichung der Vorrichtung und zur Analyse der Probe zuzuführen, wobei das Verfahren die Zuführung von Strömen einer Probenlösung von einem einzigen, direkt angeschlossenen Probenlösungsbehälter umfaßt.

Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung gemäß eines weiteren Aspekts der Erfindung werden separate Ströme der Probenlösung bzw. des Verdünnungsmittels verbunden und dann als ein Strom dem Zerstäuber zugeführt. Die Fließgeschwindigkeit des kombinierten Stroms in den Zerstäuber wird durch die natürliche Ansauggeschwindigkeit des Zerstäubers und die Querschnittsgröße der Leitung, durch die der kombinierte Strom in den Zerstäuber eintritt, festgelegt. Die Probenlösung und das Verdünnungsmittel werden separat einem Verbinder (d. h. einer Mischstelle), an dem der kombinierte Strom gebildet wird, zugeführt, wobei entweder die Probenlösung oder das Verdünnungsmittel dem Verbinder durch eine erfindungsgemäße steuerbare peristaltische Pumpe zugeführt wird. Vorzugsweise wird die Probenlösung dem Verbinder durch die Pumpe zugeführt und das Verdünnungsmittel durch ein zwischen Zerstäuber und Verbinder vorhandenes Druckdifferential in den den Verbinder verlassenden Strom eingespeist. Ändert sich die Strömung durch die peristaltische Pumpe, ändert sich auch automatisch die Strömung des Verdünnungsmittelstroms, um dies zu kompensieren. Diese Strömungsänderung führt zu einem veränderten Druckabfall zwischen dem Verdünnungsmittelbehälter und der Mischstelle. Eine solche Druckveränderung könnte das Druckdifferential, mit dem der Zerstäuber arbeitet, und somit seine Aufnahmegeschwindigkeit verändern, wodurch die Gesamtleistung des Systems beeinflusst würde. Um dies zu verhindern, ist es wünschenswert sicherzustellen, daß Druckveränderungen an der Mischstelle im Verhältnis zum Druckabfall zwischen Mischstelle und Zerstäuber gering sind. Dies kann erreicht werden, indem sichergestellt wird, daß der Schlauchhohlraum zwischen der Mischstelle und dem Behälter erheblich größer ist, als zwischen der Mischstelle und dem Zerstäuber. Um eine 1%-ige Genauigkeit zu erreichen, ist ein Hohlraumdurchmesser-verhältnis von mindestens 3 : 1 wünschenswert, wobei höhere Verhältnisse bevorzugt werden.

Wenn man annimmt, daß die maximale Fließgeschwindigkeit vom Verbinder zum Zerstäuber bei F1 und die Fließgeschwindigkeit der Probenlösung zum Verbinder bei F2 liegt, die geringer als F1 ist, wird das Lösungsmittel mit einer Geschwindigkeit, die F1 abzüglich F2 entspricht, dem Verbinder zugeführt. Eine Variation von F2 durch eine geeignete Anpassung der Pumpe führt dann automatisch zu einer Variation der Verdünnungsmittel-Fließgeschwindigkeit und dadurch zu einer Veränderung des Verdünnungsmittelverhältnisses des in den Zerstäuber eingespeisten Stroms.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Systems und Verfahrens, kann die Standardlösung dem zuvor genannten Verbinden durch eine zweite erfindungsgemäße peristaltische Pumpe zugeführt werden. Eine solche Anordnung ermöglicht die Durchführung von Standardzugaben auf eine einfache und effektive Weise, wie nachfolgend beschrieben.

Es ist zweckdienlich, die Erfindung im folgenden anhand von beispielhaften Ausführungsformen, die in den beigefügten Zeichnungen dargestellt sind, genauer zu erläutern. Die Besonderheit dieser Zeichnungen und der dazugehörigen Beschreibung soll nicht so verstanden werden, daß sie die Allgemeingültigkeit der vorhergehenden weiter gefaßten Beschreibung der Erfindung gemäß jedes ihrer Aspekte aufhebt.

Fig. 1 stellt eine schematische Ansicht einer peristaltischen Pumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung dar, bei der sich die Druckplatte in der Außer-Betriebsstellung der Pumpe befindet.

Fig. 2 stellt eine ähnliche Ansicht wie Fig. 1 dar, zeigt jedoch die Druckplatte in der Betriebsstellung der Pumpe.

Fig. 3 stellt eine vergrößerte Ansicht eines Teils der in Fig. 2 gezeigten Anordnung dar.

Fig. 4 stellt eine schematische Ansicht einer Anordnung zum Antrieb der Druckplatte dar, die in den Fig. 1 und 2 gezeigten Pumpe dar.

Fig. 5 stellt eine ähnliche Ansicht wie Fig. 4 dar, zeigt jedoch eine alternative Antriebsvorrichtung.

Fig. 6 stellt eine Seitenansicht einer weiteren Antriebsvorrichtung für die Druckplatte dar.

Fig. 7 stellt eine vergrößerte Ansicht einer Ausführungsform der Druckplatte, die zur Verwendung in einer in den Fig. 1 und 2 gezeigten Pumpe geeignet ist, dar.

Fig. 8 stellt eine ähnliche Ansicht wie Fig. 2 dar, zeigt jedoch eine peristaltische Pumpe, die anstelle von Walzen Nockenflächen aufweist.

Fig. 9 ist eine graphische Darstellung eines Systems zur Zuführung einer Probe zu einer spektroskopischen Vorrichtung und stellt eine beispielhafte Verwendung einer erfindungsgemäßen Pumpe dar.

Fig. 10 ist eine graphische Darstellung eines, gegenüber dem in Fig. 9 gezeigten, abgeänderten Systems, das Standardzugaben ermöglicht.

Die beispielhafte Pumpe 1 aus Fig. 1 umfaßt eine Drehtrommel 2 mit einem Körper 3, der so angeordnet ist, daß er um eine Achse 4 rotieren kann, und eine Vielzahl von Walzen 5, die am Trommelkörper 3 so angeordnet sind, daß sie sich in einer kontinuierlichen Reihenfolge um den Umfang des Körpers 3 erstrecken. Jede Walze 5 ist so angeordnet, daß sie relativ zum Trommelkörper 3 um ihre eigene Achse 6 rotiert. Jede geeignete Antriebsvorrichtung kann zur Drehung der Trommel 2 verwendet werden.

Eine Druckplatte 7 wird auf einer Stützvorrichtung (nicht gezeigt) befestigt, so daß sie um eine Achse 8 rotieren kann, um entweder eine Außer-Betriebsstellung der Pumpe oder eine Betriebsstellung der Pumpe, wie in den Fig. 1 bzw. 2 gezeigt, einnehmen zu können. Ein flexibler Schlauch 9 wird zwischen einer Arbeitsoberfläche 10 der Druckplatte 7 und dem Umfang der Trommel 2 angeordnet. Wenn sich die Druckplatte 7 in Betriebsstellung befindet, wie in Fig. 2 gezeigt, wird ein Abschnitt des Schlauchs 9, der zwischen der Oberfläche 10 und den Walzen 5 eingeklemmt ist, verformt, wie in Fig. 3 gezeigt. Dadurch wird ein Quetschbereich 11 zwischen jeder Walze 5 und der Plattenoberfläche 10 er-

zeugt, so daß der flüssige Körper 12 im Schlauch 9 zwischen zwei nebeneinanderliegenden Bereichen 11 eingeschlossen wird. Wenn die Trommel 2 relativ zum Schlauch 9 gedreht wird, bewegen sich die Bereiche 11 den Schlauch 9 entlang, wodurch der flüssige Körper 12 in die gleiche Richtung bewegt wird.

Der Schlauch 9 kann gegen Bewegungen mit der Trommel 2 auf jede geeignete Weise gesichert werden. Es ist jedoch kennzeichnend für die gezeigte spezielle Konstruktion, daß ein Abschnitt 13 des Schlauchs 9 von zwei Stützvorrichtungen 14 und 15 gehalten wird, und daß die Stützvorrichtung 14 an einem von der Plattenachse 8 entfernten Abschnitt 16 der Druckplatte 7 befestigt oder integral mit ihm ausgeformt ist. Die Anordnung ist so ausgeformt, daß die Bewegung der Platte 7 um die Achse 8 eine Bewegung des Plattenabschnitts 16 zur oder weg vom Umfang der Trommel 2 verursacht und die Schlauchstützvorrichtung 14 entsprechend mitbewegt wird. In der gezeigten speziellen Anordnung ist die andere Schlauchstützvorrichtung 15 ebenfalls an der Druckplatte 7 befestigt oder integral mit ihr ausgeformt, befindet sich jedoch an einer Stelle nahe der Achse 8, so daß die Bewegung zur oder weg von der Trommel 2 relativ gering ist.

Jede geeignete Vorrichtung kann dazu verwendet werden, den Schlauch 9 in den Stützvorrichtungen 14 und 15 zu halten. Es können beispielsweise zwei Stützschuhe 17 an dem Schlauch 9 befestigt (z. B. mit Leim), um relative Bewegungen zu verhindern, und mit Abstand angeordnet werden, so daß jeder mit einer entsprechenden Stützvorrichtung 14 und 15 zusammenwirken kann. Jede der Stützvorrichtungen 14, 15 wird durch einen Kanal 60 in einer Endfläche der Druckplatte 7 und einer kreuzenden Rille 61 (siehe Fig. 7) gebildet.

Die Bewegung der Druckplatte 7 um die Achse 8 kann durch Verwendung irgendeiner geeigneten Antriebsvorrichtung erreicht werden. Es wird jedoch bevorzugt, für diesen Zweck ein elektromechanisches Stellglied zu verwenden. Das Stellglied kann beispielsweise, wie in Fig. 4 gezeigt, ein Solenoid 18, das zwischen der Druckplatte 7 und der Stützvorrichtung 19 angeordnet ist, umfassen. In der speziellen, in Fig. 4 gezeigten, Anordnung arbeitet das Solenoid 18, wenn es mit Strom versorgt wird, und bewegt die Platte 7 in die Betriebsstellung der Pumpe, wie in Fig. 2 gezeigt, und eine Feder 20 bewegt die Platte 7 in die Außer-Betriebsstellung der Pumpe, wenn dem Solenoid 18 der Strom entzogen wird. Bei einer alternativen, nicht gezeigten Anordnung könnte eine Feder die Platte 7 in die Betriebsstellung und ein Solenoid die Platte 7 in die Außer-Betriebsstellung bewegen.

Fig. 5 zeigt eine weitere mögliche Antriebsvorrichtung für die Platte 7, bei der ein Nocken 21 um eine Achse 22 mittels eines geeigneten Antriebsmotors (nicht gezeigt) gedreht wird. Die Anordnung ist so ausgeformt, daß die Drehstellung des Nockens 21 die Stellung der Platte 7 relative zur Trommel 2 bestimmt. Jede geeignete Vorrichtung, wie etwa eine Feder (nicht gezeigt), kann dazu verwendet werden, die Platte 7 in Kontakt mit dem Nocken 21 zu halten.

Eine bevorzugte Antriebsvorrichtung für die Platte 7 ist schematisch in Fig. 6 gezeigt. Gemäß dieser Anordnung wird die Platte 7 direkt auf der Welle 23 eines Antriebsmotors 24 befestigt, der beispielsweise ein Getriebemotor oder ein Drehsolenoid sein kann. Die Lager, die die Welle 23 abstützen, bestimmen die Drehachse 8 der Platte 7, wobei die Platte 7 mit der Welle 23 verbunden ist, so daß die Drehung der Welle 23 die



Platte 7 zwischen der Betriebsstellung und der Außer-Betriebsstellung der Pumpe bewegt. Eine derartige Anordnung ist äußerst einfach und umfaßt eine minimale Anzahl von mechanischen Teilen. Die Anordnung kann so sein, daß der Antriebsmotor 24 in der Betriebsstellung der Pumpe gedrosselt ist und daher die Merkmale eines Strom-Drehmoment-Wandlers aufweist, wenn er mit einem gesteuerten Strom betrieben wird. Daher kann das Drehmoment und folglich auch die durch die Platte 7 auf den Schlauch 9 ausgeübte Kraft durch Variieren des dem Motor 24 zugeführten Stroms gesteuert werden. Jede geeignete Vorrichtung kann dazu eingesetzt werden, eine Überlastung des Motors 24 zu verhindern.

Es wird deutlich, daß, wenn die Anordnung aus Fig. 6 zusammen mit der Anordnung aus den Fig. 1 und 2 verwendet wird, ein automatisches Be- und Entlasten des Schlauchs 9 ermöglicht wird, wodurch eines der Hauptprobleme früherer peristaltischer Pumpen gelöst wird. Insbesondere wird der Schlauch 9 nicht in einem beanspruchten Zustand belassen, was manchmal bei herkömmlichen Pumpen vorkommt, und hat daher eine längere Standzeit, obwohl bei einer bevorzugten Konstruktion der Erfindung der Schlauch 9, wie vorstehend beschrieben, nur minimal unter Zugspannung steht.

Die Arbeitsoberfläche 10 der Druckplatte 7 kann so profiliert sein, daß entweder das Pulsieren des Ausgangsstroms beseitigt oder die nachteiligen Folgen eines solchen Pulsierens auf ein Minimum verringert werden. Diese Profilierung kann so beschaffen sein, daß die Oberfläche 10 zwei unterschiedliche Bereiche aufweist, und zwar einen Quetschbereich 25 und einen Ausdehnungsbereich 26, die beide in Fig. 7 gezeigt sind. Bei der bevorzugten, in Fig. 7 gezeigten, Anordnung gibt es jedoch noch einen dritten Bereich 27, der als Eintrittsbereich bezeichnet wird. Der Ausdehnungsbereich 26 ist stromabwärts zum Quetschbereich 25 relativ zur Fließrichtung durch den Schlauch 9 und der Eintrittsbereich 27 ist stromaufwärts vom Quetschbereich 25 angeordnet.

Bei der speziellen, in Fig. 7 gezeigten, Anordnung erstreckt sich der Quetschbereich 25 über einen Bogen von ungefähr 24°, dessen Endpunkte durch die Linien 28 und 29, die sich radial von einem Punkt 30 erstrecken, definiert werden. Es wird bevorzugt, daß der Oberflächenbereich 25 einen gleichmäßigen Radius aufweist, dessen Zentrum sich an dem Punkt 30 befindet. Darüberhinaus fällt der Punkt 30 vorzugsweise im wesentlichen mit der Achse 4, um die sich die Trommel 2 dreht, zusammen, wenn sich die Druckplatte 7 im Betriebszustand befindet. Die genaue Länge des Quetschbereichs 25 kann durch die Anzahl der Walzen 5 (d. h. 24° sind für eine Pumpe mit 15 Walzen 5 angemessen) bestimmt werden, sie kann jedoch, je nach Anforderung, variieren, demzufolge ist die gezeigte Ausdehnung von 24° nicht als kritisch oder unbedingt erforderlich zu verstehen.

Ein Merkmal, das bei der Pumpe angewendet werden kann, ist den Schlauch 9 so anzuordnen, daß er in einem Abschnitt oder dem gesamten Quetschbereich "zusammengequetscht" wird, d. h. die Anordnung so zu gestalten, daß die Schlauchwände geringfügig über die erforderliche Grenze zur Erreichung einer Abdichtung hinaus zusammengedrückt werden. Dieses Merkmal ermöglicht größere Herstellungs- und Montagetoleranzen für die Pumpenteile.

Der Ausdehnungsbereich 26 verfolgt ebenfalls einen gekrümmten Weg, ist jedoch so angeordnet, daß sich der Abstand zwischen dem Weg und dem Umfang der

Trommel 2 in Stromabwärtsrichtung progressiv vergrößert. Wie zuvor angedeutet, ist das Profil des Oberflächenbereichs 26 vorzugsweise so gestaltet, daß ein im wesentlichen lineares Verhältnis zwischen der Winkel-drehung der Trommel 2 und dem sich vergrößernden Innenvolumen des Schlauchs 9, als Folge des Zurückziehens der Walzen 5 vom Schlauch 9, erreicht wird. Eine Möglichkeit ein lineares Ausdehnungsprofil auf dem Oberflächenbereich 26 herzustellen, ergibt sich aus der Gleichung  $R = RO + KA$ , wobei:

R der Krümmungsradius des Oberflächenbereichs 26 an einem bestimmten Punkt in diesem Bereich ist,  
RO der Krümmungsradius des Quetschbereichs 25 ist,  
K eine die Ausdehnungsgeschwindigkeit des Schlauchs 9 definierende Konstante ist, und

A der Drehwinkel der Trommel 2 jenseits des Punktes, an dem der Oberflächenbereich 26 beginnt, ist.

Das Ausmaß in dem das Pulsieren verringert wird, hängt von dem für K gewählten Wert ab. Ein Strompulsen von ungefähr 10% kann durch Verwendung eines optimalen K-Werts für das verwendete Walzensystem erreicht werden.

Wenn eine parabolische Ausdehnungskrümmung für den Bereich 26 gewählt wird, können Strompulse in einem Bereich von 8,5% erreicht werden, während ein Exponentialprofil ein besseres Ergebnis mit Restpulsen in einer Größenordnung von 5,7% erzielen kann. Ein zufriedenstellendes Profil und die Gleichung zum Erzeugen dieses Profils kann entsprechend den individuellen Anforderungen bestimmt werden.

Bei der speziellen, in Fig. 7 gezeigten, Anordnung werden die Endpunkte des Ausdehnungsbereichs 26 durch die Linien 28 und 31, die sich radial von dem Punkt 30 erstrecken, definiert. Das Winkelmaß des Oberflächenbereichs 26 liegt bei der gezeigten Anordnung ungefähr bei 66°, es kann jedoch auch ein anderes Winkelmaß ausgewählt werden.

Der Oberflächenbereich 27 ist vorzugsweise so angeordnet, daß eine progressive Verdichtung des Schlauchs 9 erreicht wird, wenn sich die Trommel 2 über den Schlauchabschnitt 13 bewegt. Für diesen Zweck kann jede geeignete Krümmung ausgewählt werden, vorausgesetzt, daß sich der Abstand zwischen dem Oberflächenbereich 27 und der Trommelperipherie in Stromabwärtsrichtung verringert. Das Winkelmaß des Bereichs 27 wird durch die radialen Linien 29 und 32 definiert und liegt in dem gezeigten Beispiel bei ungefähr 66°, d. h. es entspricht dem Ausdehnungsbereich.

Bevorzugt wird eine Membran 33 (Fig. 1) zwischen der Trommel 2 und dem Teil des Schlauchs 9, das unter dem Einfluß der Druckplatte 7 steht, vorgesehen. Das stromaufwärtsweisende Ende 34 der Membran 33 kann auf jede geeignete Weise verankert werden, um gegen Bewegungen mit der Trommel 2 gesichert zu sein, wobei der Verankerungspunkt 35 nicht wie in Fig. 1 gezeigt angeordnet sein muß. Das stromabwärtsweisende Ende 36 der Membran 33 kann ebenfalls verankert werden, es wird jedoch vorzugsweise so befestigt, daß eine gewisse Bewegung dieses Ende in Längsrichtung des Schlauchs 9 möglich ist.

Zweck der Membran 33 ist es, die durch den Reibungswiderstand bei der Drehung der Walzen 5 erzeugten Scherkräfte zu absorbieren und somit den Schlauch 9 vor Längsdehnung zu schützen. Es ist wünschenswert, daß die Membran 33 flexibel genug ist, die Ausdehnung des Schlauchs 9 in dem in Fig. 3 gezeigten Bereich zwischen den nebeneinanderliegenden Walzen 5 nicht zu behindern. Es ist ebenfalls wünschenswert, daß die sich

Membran 33 nicht in Längsrichtung des Schlauchs 9 ausdehnt, wenn sie den Kräften, die durch die, sich in Pumpenbetriebsstellung befindende, Druckplatte 7 erzeugt werden, ausgesetzt wird. Geeignete Materialien für die Membran 33 umfassen Kunststoffolien, wie etwa Polyester. Mylar mit einer Dicke in einem Bereich von 0,1 mm bis 0,2 mm hat sich als zufriedenstellend erwiesen.

Wenn sich die Druckplatte 7 in Betriebsstellung befindet, liegt die Membran 33 zwischen den Walzen 5 und der Arbeitsoberfläche 10 der Platte 7. Dadurch liefert die Membran 33 die zur Überwindung des bei der Drehung der Walzen 5 entstehenden Reibungswiderstands erforderlichen Kräfte und absorbiert dabei die zugehörigen Scherkräfte. Da sich die Membran 33 nicht dehnt, wird der Schlauch 9, der zwischen den Stützvorrichtungen 14 und 15 so in seiner Betriebsstellung gehalten wird, daß er zwischen den Stützvorrichtungen einer Zugkraft von praktisch Null ausgesetzt ist, von allen Scher- und Zugkräften befreit. Dies beseitigt nicht nur das durch Längsdehnung des Schlauchs 9 erzeugte Stompulsieren, sondern führt außerdem zu einer längeren Standzeit des Schlauchs und stabilieren Fließeigenschaften durch Beseitigung der Scherkräfte und Verhinderung von Dauerbruch.

Die in Fig. 8 gezeigte beispielhafte Pumpe 1' ist der in den Fig. 1 bis 7 dargestellten Pumpe ähnlich (es wurden in Fig. 8 die gleichen Bezugszeichen, nur mit einem Strich versehen, verwendet, um die Merkmale, die sich bei den beiden Ausführungsformen entsprechen, zu kennzeichnen), mit dem Unterschied, daß sie anstelle einer Drehtrommel und Walzen eine Trommel in Form eines zur Drehung um die Achse 4' angeordneten Nockens 3' aufweist. Der Nocken 3' weist eine Vielzahl von Nockenflächen 5', die sich in kontinuierlicher Reihenfolge entlang seinem Umfang erstrecken, auf. Die Anzahl der Nockenflächen 5' auf dem Nocken 3' kann entsprechend gewählt werden, um eine optimale Fließlinearität zu erreichen, es kann beispielsweise die Anzahl der Flächen 5' der in der Fig. 8 dargestellten Anordnung, nämlich 15, erhöht werden, um die Stärke jedes Stompulses zu verringern, obwohl die Frequenz der Pulse erhöht wird. Jede Oberfläche 5' ist im Profil kreisförmig, obwohl es im Rahmen der Erfindung liegt, ein anderes, nicht-kreisförmiges Profil für die Nockenflächen zu verwenden.

Eine Membran 33 wird zwischen dem Nocken 3' und dem Teil des Schlauchs 9, der unter dem Einfluß der Druckplatte 7 steht, angeordnet. Wie in der Anordnung aus den Fig. 1 bis 7 gezeigt, ist es Zweck der Membran 33, die durch den bei Drehung des Nockens 3' entstehenden Reibungswiderstand erzeugten Scherkräfte zu absorbieren und dadurch den Schlauch 9 vor Längsdehnung zu schützen.

Geeignete Materialien für die Membran 33 umfassen Kunststoffolien, wie etwa Polyester, und insbesondere sehr rutschige Materialien, um die Reibungskräfte zwischen den Nockenflächen 5' und der Membran zu verringern. Ein Beispiel für ein besonders geeignetes Material ist Ultra-High-Molecular-Weight-Polyethylen (UHMWPE). Die Membran 33 kann ein Laminat aus Mylar und UHMWPE und so angeordnet sein, daß das UHMWPE den Nockenflächen 5' gegenüberliegt, um die Reibungskräfte zwischen der Membran und der Oberfläche 5' auf ein Minimum zu verringern, wenn die Nockenflächen an der Membran entlanggleiten. Vorzugsweise ist die Membran so ausgeformt, daß sie ausschließlich aus einem Material besteht.

Es wird darauf hingewiesen, daß, bei zunehmendem Alter des Schlauchs 9, wenn sich der Schlauch, aufgrund der sich häufenden Auswirkungen des durch die Druckplatte und die Kompressionselemente ausgeübten Quetschdrucks, etwas ausdehnt, die in den Figuren gezeigten Schlauchstützvorrichtungen 14 und 15 eine solche Vergrößerung der Schlauchlänge zulassen und den Schlauch dennoch korrekt in seiner Betriebsstellung halten.

Gemäß einem bevorzugten Merkmal der Erfindung wird eine zyklisch variierende Haltekraft auf die Druckplatte 7 oder 7' durch ein elektro-mechanisches Stellglied ausgeübt. Dies kann durch Variieren des dem Stellglied von einem Steuersystem (nicht gezeigt) zugeführten Stroms durchgeführt werden, und zwar zyklisch mit einer angemessenen Frequenz, so daß die maximale Stromabweichung von einem Mittelwert dem Strom entspricht, der dem Strom, der zur Überwindung der internen Reibung des Stellglieds erforderlich ist, nahekommt. Dies ist als "Zittern" bekannt.

Eine wie zuvor beschriebene peristaltische Pumpe ist zur Verwendung in einer spektroskopischen Vorrichtung zur Zuführung einer Probe zum Zerstäuber einer solchen Vorrichtung ideal geeignet. Eine derartige beispielhafte Anordnung ist schematisch in Fig. 9 gezeigt.

Die Anordnung aus Fig. 9 zeigt einen Zerstäuber 49, der einen Teil der spektroskopischen Vorrichtung 38 darstellt. Der Zerstäuber 49, ein Probenlösungsbehälter 50 und ein Verdünnungsmittelbehälter 51 sind jeweils separat mit dem Verbinder 52 verbunden. Die Verbindung zwischen dem Verbinder 52 und dem Zerstäuber 49 wird durch eine Speiseleitung 53 hergestellt, die aus einem Grund, der nachfolgend erläutert wird, vorzugsweise relativ klein im Durchmesser ist. Der Probenlösungsbehälter 50 ist mit dem Verbinder 52 durch eine Zufuhrleitung 54 und eine peristaltische Pumpe 55 (wie zuvor in bezug auf die Fig. 1 bis 7 oder Fig. 8 beschrieben), deren Ausgangsseite mit dieser Leitung verbunden ist, verbunden. Der Verdünnungsmittelbehälter 51 ist mit dem Verbinder 52 über eine Leitung 56 verbunden, die vorzugsweise einen relativ großen Querschnitt im Vergleich zu dem der Speiseleitung 53 aufweist.

Ein Merkmal der gezeigten Anordnung ist, daß die Pumpe 55 so steuerbar ist, daß sie die Probenlösung durch die Leitung 54 mit irgendeiner von vielen genau steuerbaren Fließgeschwindigkeiten befördern kann.

Aufgrund der relativ kleinen Größe der Speiseleitung 53, weist diese einen hohen Fließwiderstand auf. Die Leitung 56 andererseits, weist nur einen relativ geringen Fließwiderstand auf. Als Folge dieses Unterschieds findet im wesentlichen der gesamte Druckabfall des dargestellten Systems zwischen dem Zerstäuber 49 und dem Verbinder 52 statt. Ein Zerstäuber der Art, die bei Spektrophotometern verwendet wird, erzeugt normalerweise eine stabile Druckverringerung an der Flüssigkeitsaufnahmeöffnung, wodurch die Fließgeschwindigkeit durch die Leitung 53 im wesentlichen konstant und stabil ist.

Wenn die Pumpe 55 so betrieben wird, daß die Probenlösung dem Verbinder 52 mit einer Fließgeschwindigkeit, die geringfügig unter der natürlichen Ansauggeschwindigkeit durch die Speiseleitung 56 liegt, zugeführt wird, tritt die Lösung in beinahe unverdünnter Form in den Zerstäuber 49 ein. Angenommen man stellt fest, daß die Lösung eine Konzentration aufweist, die über dem gewünschten Bereich liegt, kann die Geschwindigkeit der Pumpe 55 verringert, dadurch die Fließgeschwindigkeit durch die Zufuhrleitung 54 reduziert und somit eine

erhöhte Verdünnungsmittelabgabe an den durch die Speiseleitung 56 fließenden Strom hervorgerufen werden. Daher kann die Pumpengeschwindigkeit so angepaßt werden, daß ein zufriedenstellendes Verdünnungsverhältnis in dem in den Zerstäuber 49 eintretenden Strom erreicht wird.

Die Probenkonzentration im gasförmigen Körper, die durch das Spektrometer gemessen wird, ist dadurch direkt proportional zur Fließgeschwindigkeit durch die Zufuhrleitung 54, die wiederum proportional zur Betriebsgeschwindigkeit der Pumpe 55 ist. Es ist daher möglich, das Verdünnungsverhältnis bei Bedarf genau und schnell anzupassen.

Wenn der Betrieb der Pumpe 55 aus irgendeinem Grund unterbrochen wird, wie etwa um die Probenlösung auszutauschen, saugt der Zerstäuber 49 weiterhin Verdünnungsmittel von dem Behälter 50 an. Infolgedessen trocknen der Zerstäuber und die zugehörige Sprühkammer nicht aus, was bei herkömmlichen Systemen der Fall ist, sondern werden durch das saubere Verdünnungsmittel ausgespült. Dies erhält den Zerstäuber und die Sprühkammer im idealen Zustand für den nächsten Probenmeßbetrieb.

Da das Verdünnungsmittel normalerweise nicht absorbiert, kann das oben beschriebene System in der Zeit, in der nur das Verdünnungsmittel den Zerstäuber passiert, eine Auto-Null-Funktion ausführen. Dies hat den Vorteil einer verbesserten System-Leistungsfähigkeit und einer vereinfachten Bedienbarkeit.

Das beschriebene System kann auch für Untersuchungen von Mikro-Proben verwendet werden. Die Pumpe 55 kann kurz betrieben werden, um eine kleine Menge einer Probenlösung in den durch die Speiseleitung 53 fließenden Verdünnungsmittelstrom einzuspeisen. Es findet während dieses Mikro-Probenbetriebs keine Veränderung im Zerstäuberdurchfluß statt und daher bleiben auch die Zerstäubereigenschaften stabil. Dies unterscheidet sich von herkömmlichen Mikro-Probenverfahren, die eine kurze Einführung des Proben-schlauchs in die Probenflüssigkeit umfassen, wobei der Zerstäuber unmittelbar vor und unmittelbar nach der Einführung des Probenschlauchs Luft ansaugt.

Durch Verwendung einer peristaltischen Pumpe, aufgrund ihrer Durchflußeigenschaften, sind keine separaten Füll- oder Spülphasen, die bei einer Spritzpumpe erforderlich wären, notwendig, was die Betriebsabfolge verlangsamen würde. Darüberhinaus kann eine peristaltische Multi-Kanal-Pumpe verwendet werden, um gleichzeitig verschiedene Flüssigkeiten zu pumpen, von denen jede eine feste Fließgeschwindigkeit hat, die durch die Querschnittsgröße des entsprechenden Kanals (Schlauch) durch den sie fließt, bestimmt wird. Beispielsweise ermöglicht die Verwendung von drei Schläuchen oder Kanälen für die Probe, den Säurebildner bzw. das Natriumborhydrid die Verwendung des beschriebenen Systems für Hydride.

Fig. 10 zeigt eine abgeänderte Ausführungsform des in bezug auf Fig. 9 beschriebenen Systems, die eine zweite Pumpe 57 umfaßt, die sowohl mit einem Behälter 58 mit Standardflüssigkeit als auch mit dem Verbinder 52 über die Zufuhrleitung 59 verbunden ist. Die Pumpe 57 ist eine peristaltische Pumpe mit steuerbarer Geschwindigkeit, wie in bezug auf die Fig. 1 bis 7 oder Fig. 8 beschrieben, so daß die Steuerung der relativen Geschwindigkeiten der beiden Pumpen 55 und 57 die Aufrechterhaltung eines genauen Verhältnisses von Probe und Standardlösung ermöglicht.

Das abgeänderte System ist zur Verwendung bei der

bekannten Standardzugabetechnik vorgesehen, die das Messen der Probe und anschließendes Messen der mit einer zusätzlichen, bekannten Menge Analyt versetzten Probe umfaßt. Es ist möglich, durch Vergleiche der beiden Meßergebnisse, die Konzentration des Analyts in der ursprünglichen (unversetzten) Probe zu bestimmen.

Standardzugaben, wie sie bei herkömmlichen Systemen durchgeführt werden, weisen viele Nachteile auf. Beispielsweise zieht sich für gewöhnlich eine lineare Regressionslinie durch die versetzten und unversetzten Absorptionsvermögen-Ergebnisse. Das läßt die Existenz einer linearen Abgleichungskurve vermuten, wobei jedoch bekannt ist, daß AA-Abgleichungskurven bei hohen Konzentrationen von Analyt nicht linear sind.

Obwohl verschiedene Proben, die in verschiedenen Verhältnissen versetzt waren, analysiert und zur Errechnung einer nicht-linearen Abgleichungskurve verwendet werden konnten, war der Zeitaufwand und der erforderliche Arbeitsaufwand zur Herstellung und zum Messen der Proben erheblich und wurde daher selten durchgeführt.

Darüberhinaus verändert das Versetzen der Proben das Verhältnis des Grundstoffs zur Analytkonzentration und verändert dadurch die Wirkungsweise des Grundstoffs. Um dieses Ergebnis zu verringern, ist es wünschenswert, daß das Versetzen die Gesamtanalytkonzentration nur um eine vertretbare Menge erhöht. Gleichzeitig kann ein geringfügiges Versetzen zu Ungenauigkeiten bei den Meßergebnissen führen, und zwar aufgrund des geringfügigen Unterschieds zwischen den Meßergebnissen der versetzten und unversetzten Proben. Bei herkömmlichen Standardzugabeanalysen müssen jedoch sowohl die unversetzten als auch die versetzten Proben während der Analyse verfügbar sein, und daher müssen die versetzten Proben hergestellt werden, ohne daß man auch nur die ungefähre Konzentration des Analyts in der Probe kennt. Dies bedeutet, daß die Konzentrationsveränderung, die durch das Versetzen hervorgerufen wird, sehr groß sein kann (z. B. das 10- oder sogar 100fache bei niedrig konzentrierten Proben) oder umgekehrt sehr gering bei hoch konzentrierten Proben. Um dieses Problem zu überwinden, ist es erforderlich, die Probe zuerst durch herkömmliches Abgleichen zu analysieren, um eine ungefähre Analytkonzentration zu erhalten, und diese Information dazu zu verwenden, die Versetzungshöhe festzustellen. Ein solches Vorgehen verdoppelt natürlich die Arbeitsbelastung des Personals.

Ergänzend zu dem Vorstehenden sei bemerkt, daß Standardzuführungen unter Verwendung herkömmlicher AA-Instrumente äußerst langsam, personalintensiv und störanfällig sind. Während bei einem normalen Abgleich das Personal nur die Probe herstellt und die Probe in wenigen Sekunden analysieren kann, muß das Personal bei Standardzugaben mindestens eine zusätzliche Lösung (häufig sogar mehr als eine) herstellen und analysieren, was ein genaues Wiegen, Messen und Mischen umfaßt. Der Zeitaufwand pro Probe erhöht sich dadurch von wenigen Sekunden auf einige Minuten.

Ein System der allgemeinen Art, wie schematisch in Fig. 10 dargestellt, hat den Vorzug, daß die vorgenannten Probleme gelöst oder zumindest eingedämmt werden. Dies ist insbesondere bei der Anwendung des nachfolgend beschriebenen Verfahrens der Fall.

Ein bevorzugtes Verfahren, das das in Fig. 10 dargestellte System verwendet, umfaßt die folgenden Schritte:



- (a) Messen der Probe,
- (b) Verdünnen der Probe, wenn das gemessene Absorptionsvermögen oberhalb 50% des linearen Bereichs liegt,
- (c) Messen der verdünnten Probe,
- (d) Zugabe der Standardlösung zur Probe, um so das Absorptionsvermögen in etwa zu verdoppeln,
- (e) Messen der versetzten Probe, und
- (f) Vergleichen des Meßergebnisses (e) mit dem Meßergebnis (a) oder (c), je nach Anforderung.

Falls eine Verdünnung der Probe nicht erforderlich sein sollte, wird der Vergleich der Meßergebnisse natürlich zwischen dem unter (a) bezeichnetem Meßergebnis und dem unter (e) bezeichneten Meßergebnis durchgeführt. Bei einer verdünnten Probe wird der Vergleich zwischen dem unter (c) bezeichneten Meßergebnis und dem unter (e) bezeichneten Meßergebnis durchgeführt.

Das oben beschriebene Verfahren hat den Vorteil, daß das Personal nur eine einzige Probe zum normalen Abgleich vorlegen muß und ein hoher Durchsatz erreicht werden kann, da alle Verdünnungen und Zugaben der Reihe nach durchgeführt werden.

Aus der vorstehenden Beschreibung wird deutlich, daß das erfindungsgemäße System sowohl beim normalen Abgleich als auch bei Standardzugaben Verbesserungen vorsieht. Der Zeitaufwand des Personals wird minimiert, ohne daß die Analyseergebnisse an Genauigkeit verlieren.

Aus dem Vorstehenden wird ebenfalls deutlich, daß eine erfindungsgemäße Pumpe grundlegende Probleme früherer peristaltischer Pumpen löst, und insbesondere eine peristaltische Pumpe vorsieht, die für die Verwendung in Situationen, die eine stabile und genaue Fließgeschwindigkeit erfordern, geeignet ist. Darüberhinaus weist eine, in Fig. 8 gezeigte, peristaltische Pumpe eine einfachere Bauweise mit weniger beweglichen Teilen auf (dadurch wird ein Mechanismus bereitgestellt, der weniger korrosionsanfällig ist), bei der die Notwendigkeit äußerst geringer Herstellungs- und Montagetoleranzen verringert ist.

Abschließend versteht es sich, daß verschiedene Variationen, Abänderungen und/oder Ergänzungen der Bauweise und Anordnung der zuvor beschriebenen Teile durchgeführt werden können, ohne den Rahmen oder Umfang der in den anhängigen Ansprüchen definierten Erfindung zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Peristaltische Pumpe (1), die eine Drehtrommel (2) mit Kompressionselementen (5, 5') an ihrem Umfang, einen flexiblen Schlauch (9), der sich zwischen zwei beabstandeten Stützvorrichtungen (14, 15) erstreckt, und eine bewegliche Druckplatte (7) zum Halten des Schlauchs (9) am Umfang der Trommel (2) zwischen den beiden beabstandeten Stützvorrichtungen (14, 15) umfaßt, so daß bei Drehung der Trommel (2) die Kompressionselemente (5, 5') den Schlauch (9) gegen die Druckplatte (7) drücken, um Flüssigkeit durch den Schlauch (9) zu bewegen, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der Schlauchstützvorrichtungen (14) relativ zur Trommel (2) beweglich ist, um den Schlauch (9) in eine Betriebsstellung und eine Außer-Betriebsstellung zu bringen, wobei der Schlauch (9), wenn er sich in der Betriebsstellung befindet, pumpen kann.
2. Peristaltische Pumpe (1) nach Anspruch 1, da-

durch gekennzeichnet, daß die bewegliche Stützvorrichtung (14) an der Druckplatte (7) befestigt ist, um mit ihr bewegt werden zu können, so daß der Schlauch (9) die Betriebsstellung und die Außer-Betriebsstellung einnimmt.

3. Peristaltische Pumpe (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckplatte (7) schwenkbar angeordnet ist und beide Stützvorrichtungen (14, 15) an ihr befestigt sind, wobei eine der Stützvorrichtungen (15) in der Nähe der Drehachse (8) der Druckplatte (7) angeordnet ist, so daß die Stützvorrichtung (15) relativ zur Trommel (2) im wesentlichen unbeweglich ist.

4. Peristaltische Pumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der ein elektro-mechanisches Stellglied betätigbar mit der Druckplatte (7) verbunden ist, um die Druckplatte (7) zwischen der Außer-Betriebs- und der Betriebsstellung zu bewegen und die Druckplatte (7) in ihrer Betriebsstellung zu halten.

5. Peristaltische Pumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, die ferner ein Steuersystem umfaßt, das der Druckplatte (7) zugeordnet ist, um die Druckplatte (7) automatisch bewegen und so den Schlauch (9) zwischen seiner Betriebs- und seiner Außer-Betriebsstellung hin- und herbewegen zu können.

6. Peristaltische Pumpe (1) nach Anspruch 4 oder 5, bei der ein elektro-mechanisches Stellglied betätigt werden kann, um eine zyklisch variierende Kraft auf die Druckplatte (7) auszuüben, wodurch die Druckplatte (7) in ihrer Betriebsstellung gehalten wird, wobei die variierende Kraft im Durchschnitt so bemessen ist, daß die Druckplatte (7) gegen die durchschnittlich auf sie durch die Drehung der Trommel (2) ausgeübten Kräfte in Position gehalten wird.

7. Peristaltische Pumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Kompressionselemente (5, 5') drehbar am Umfang der Trommel (2) befestigte Walzen (5) sind.

8. Peristaltische Pumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Kompressionselemente (5, 5') am Umfang der Trommel (2) angeordnete Nockenflächen (5') sind.

9. Peristaltische Pumpe (1) nach Anspruch 7 oder 8, bei der eine flexible Membran (33) zwischen dem Schlauch (9) und der Trommel (2) angeordnet ist, wobei die Bauweise und/oder das Material der Membran (33) so ausgeführt sind, daß der Schlauch (9) von allen, durch die Wirkung der Kompressionselemente (5, 5') auf den Schlauch (9) bei Drehung der Trommel (2) entstehenden, Scher- und Zugkräften befreit wird.

10. Peristaltische Pumpe (1) nach Anspruch 9, bei der auf den zwischen den Stützvorrichtungen (14, 15) in Betriebsstellung befindlichen Schlauch (9) keine wesentliche Zugkraft ausgeübt wird.

11. Peristaltische Pumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der eine Oberfläche (10) der Druckplatte (7), die den Schlauch (9) am Umfang der Trommel (2) hält, so profiliert ist, daß sie einen Ausdehnungsbereich (26) umfaßt, von dem sich jedes Kompressionselement (5, 5') bei Drehung der Trommel (2) progressiv weg bewegt, so daß ein im wesentlichen lineares Verhältnis zwischen der Winkeldrehung der Trommel (2) und der gleichzeitigen Vergrößerung des Innenvolumens des

Schlauchs (9) besteht, wodurch das Pulsieren im Ausgangsstrom der Flüssigkeit (12) von der Pumpe (1) verringert wird.

12. Peristaltische Pumpe (1) nach Anspruch 11, bei der das Profil der Oberfläche (10) auch einen Eintrittsbereich (27) zur progressiven Komprimierung des Schlauchs (9) sowie einen vor dem Ausdehnungsbereich (26) angeordneten Quetschbereich (25), an dem der Schlauch (9) dichtend zusammengedrückt wird, umfaßt.

13. Peristaltische Pumpe (1) nach Anspruch 12, bei der die Eintritts- und Ausdehnungsbereiche (27, 26) im wesentlichen gleiche Winkelmaße aufweisen und das Winkelmaß des Quetschbereichs (25) ungefähr 360° geteilt durch die Anzahl der Komprimierungselemente (5, 5') beträgt.

14. System zur Zuführung einer Probe zu einer spektroskopischen Vorrichtung (38) zur Analyse, das eine Vorrichtung zur Zuführung eines Probenlösungsstroms, eine Vorrichtung zur Zuführung des Verdünnungsmittelstroms, eine Vorrichtung zum Verbinden der beiden Ströme und eine Vorrichtung zur Zuführung des kombinierten Stroms zu einem Zerstäuber (49) der spektroskopischen Vorrichtung (38) mit einer im wesentlichen konstanten Fließgeschwindigkeit umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zur Zuführung des Probenlösungsstroms eine peristaltische Pumpe (55) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 umfaßt, und das System so angeordnet ist, daß bei Variation der Fließgeschwindigkeit des Probenlösungsstroms, der Verdünnungsmittelstrom automatisch variiert wird, um eine im wesentlichen konstante Fließgeschwindigkeit zum Zerstäuber (49) aufrechtzuerhalten.

15. System nach Anspruch 14, bei dem die Vorrichtung zur Zuführung des kombinierten Stroms zu einem Zerstäuber (49) eine Speiseleitung (53) mit einem relativ kleinen Querschnittsbereich ist, so daß die im wesentlichen konstante Fließgeschwindigkeit durch die natürliche Ansauggeschwindigkeit des Zerstäubers (49) bestimmt wird.

16. System nach Anspruch 15, bei dem die Vorrichtung zur Zuführung des Verdünnungsmittelstroms eine Speiseleitung (56) umfaßt, die im Vergleich zur Speiseleitung (53) zur Zuführung des kombinierten Stroms einen relativ großen Querschnittsbereich aufweist, und mit der Speiseleitung (53) verbunden ist, wobei im wesentlichen der gesamte Druckabfall des Systems in der Speiseleitung (53) mit dem relativ kleinen Querschnittsbereich stattfindet.

17. System nach Anspruch 16, bei dem die Vorrichtung zur Zuführung des Probenlösungsstroms eine Speiseleitung (54) umfaßt, die zwischen dem Auslaß der peristaltischen Pumpe (55) und dem Verbinder (52) der beiden erst genannten Speiseleitungen (53, 56) angeordnet ist.

18. System nach einem der Ansprüche 14 bis 17, das ferner eine Vorrichtung zur Zuführung eines Stroms einer Standardlösung umfaßt, der mit den beiden erst genannten Strömen verbunden wird, wobei die Vorrichtung eine peristaltische Pumpe (57), nach einem der Ansprüche 1 bis 13, umfaßt.

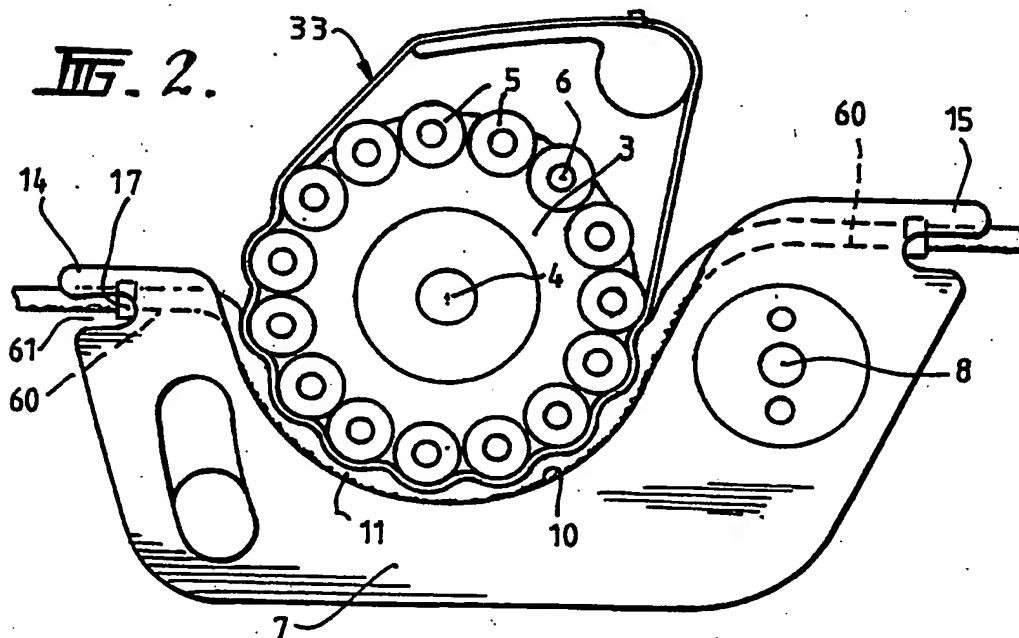
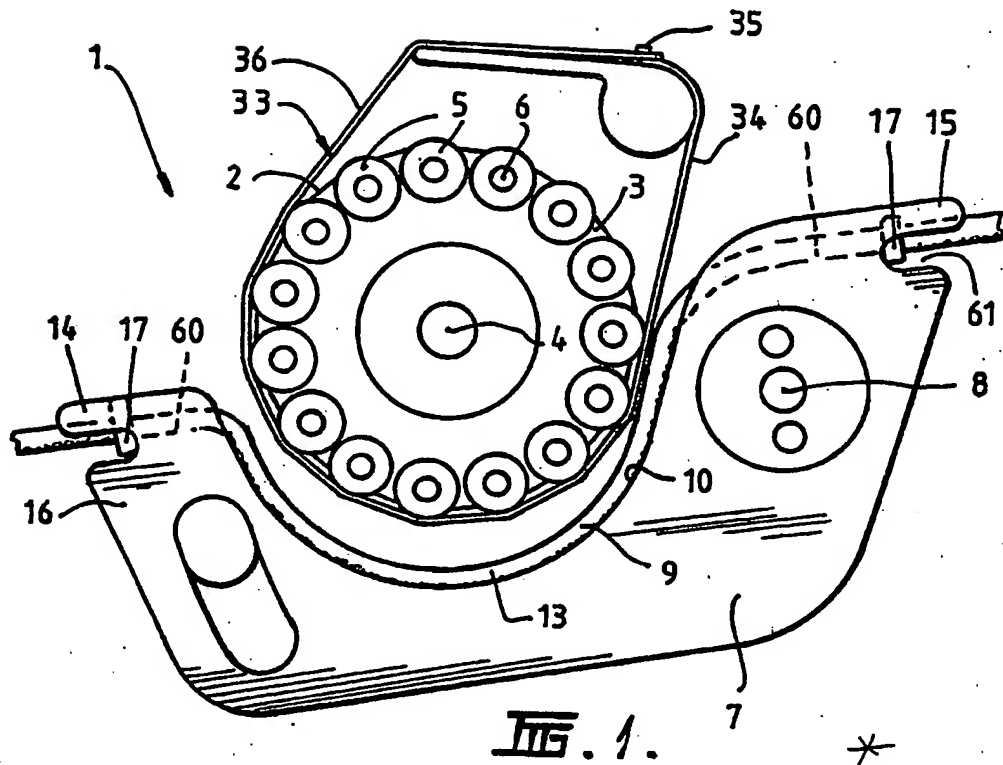
19. System nach Anspruch 17 und 18, bei dem die Standardlösungszufuhrvorrichtung eine Speiseleitung (59) umfaßt, die zwischen dem Auslaß der zweit genannten peristaltischen Pumpe (57) und dem Verbinder (52) angeordnet ist.

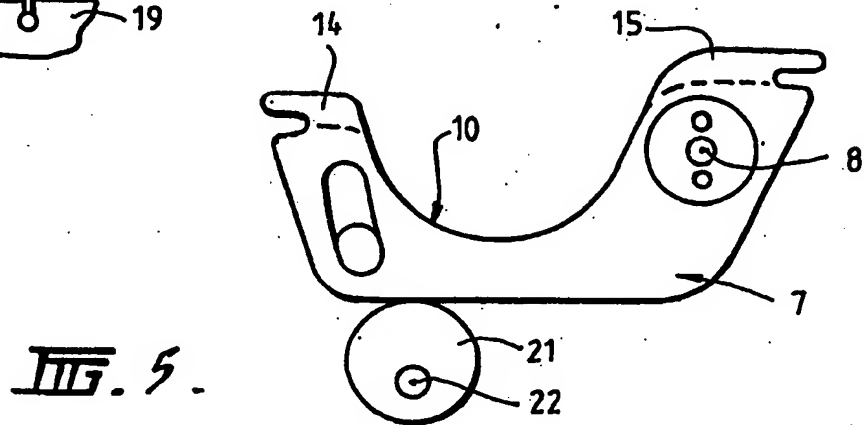
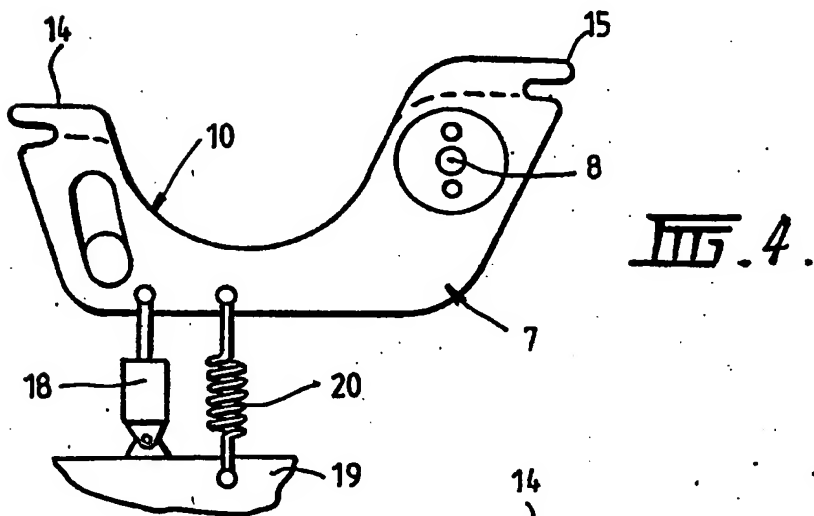
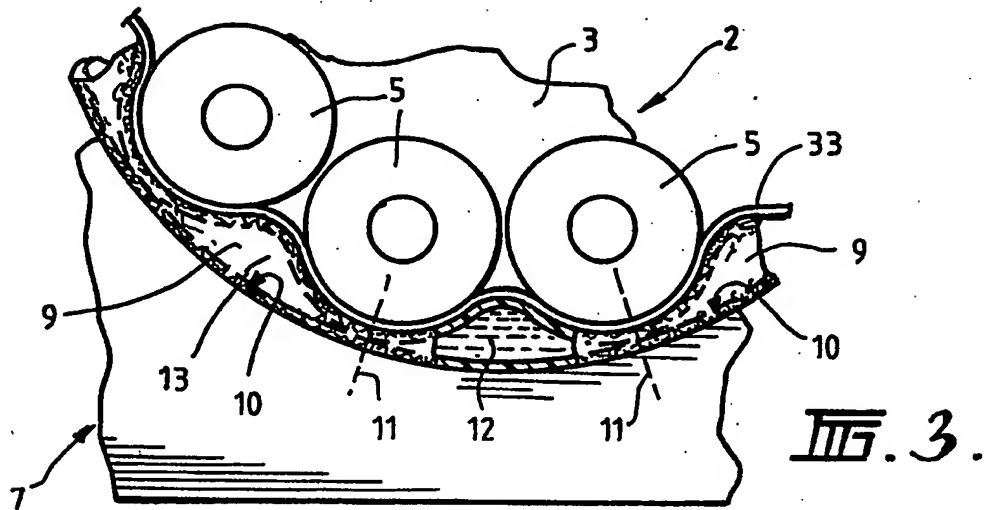
20. Verfahren zur spektroskopischen Analyse, bei der ein System nach Anspruch 19 verwendet wird, um eine Probe einem Zerstäuber (49) einer spektroskopischen Vorrichtung (38) zur Abgleichung der Vorrichtung (38) und zur Analyse der Probe zuzuführen, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren die Zuführung von Strömen einer Probenlösung von einem einzigen direkt verbundenen Probenlösungsbehälter (50) umfaßt.

21. Verfahren nach Anspruch 20, bei dem eine Standardzugabe-Analysetechnik angewandt wird, wobei das Verfahren die Verdünnung des Probenlösungsstroms und das Versetzen desselben mit der Standardlösung von einem einzigen direkt verbundenen Verdünnungsmittelbehälter (51) und einem einzigen direkt verbundenen Standardlösungsbehälter (58) umfaßt.

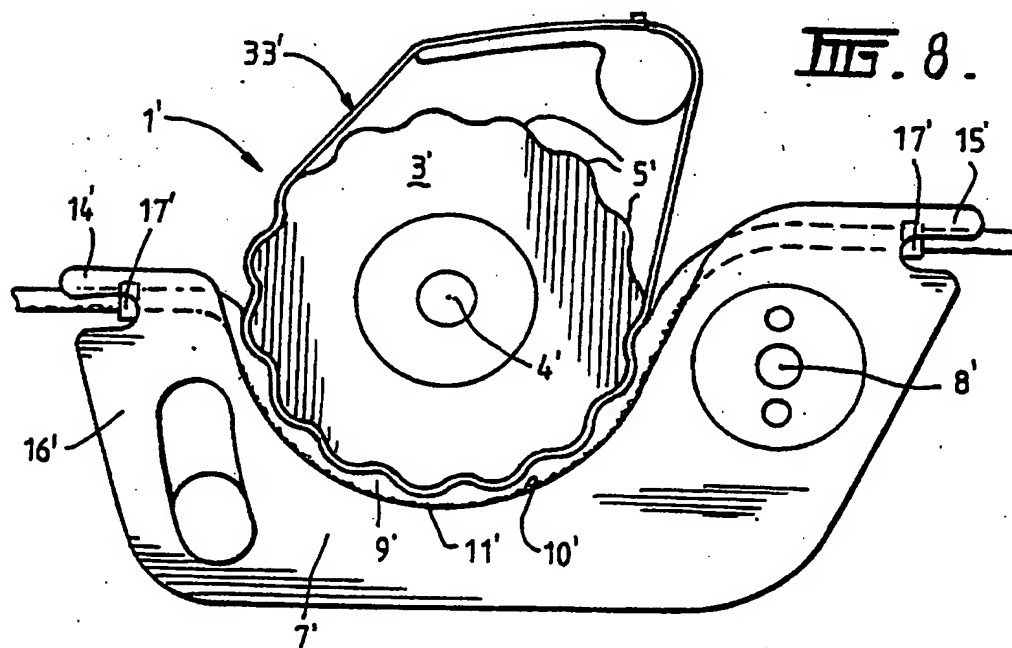
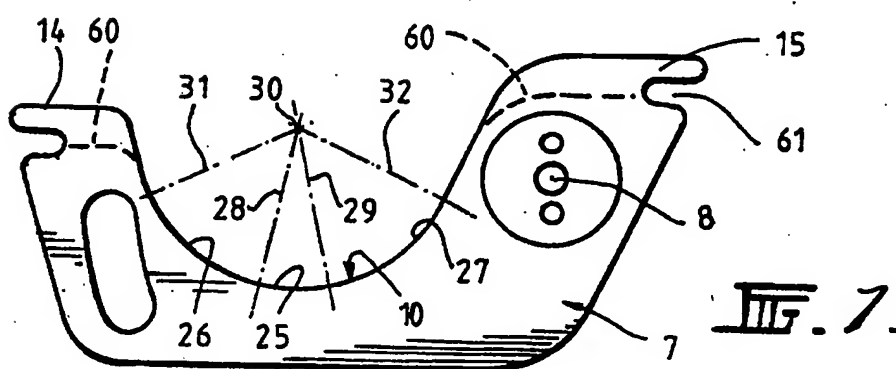
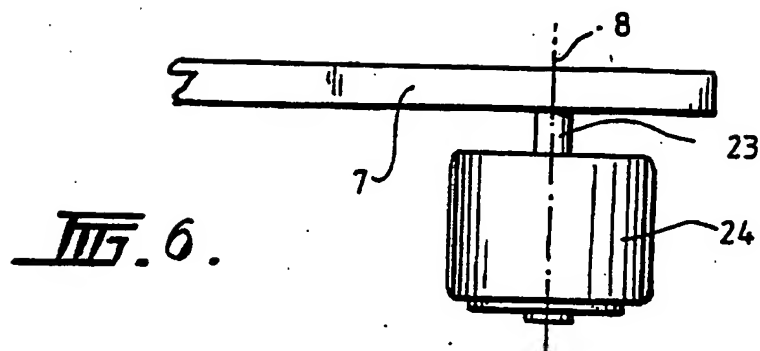
Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

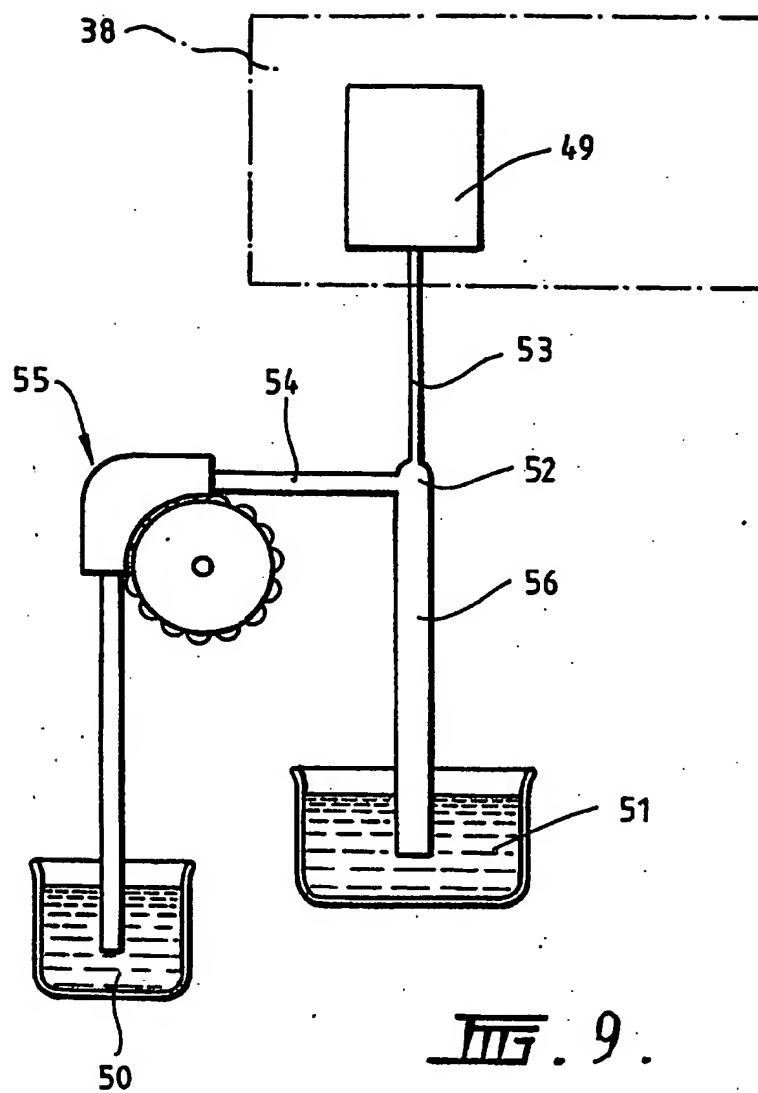
- Leerseite -











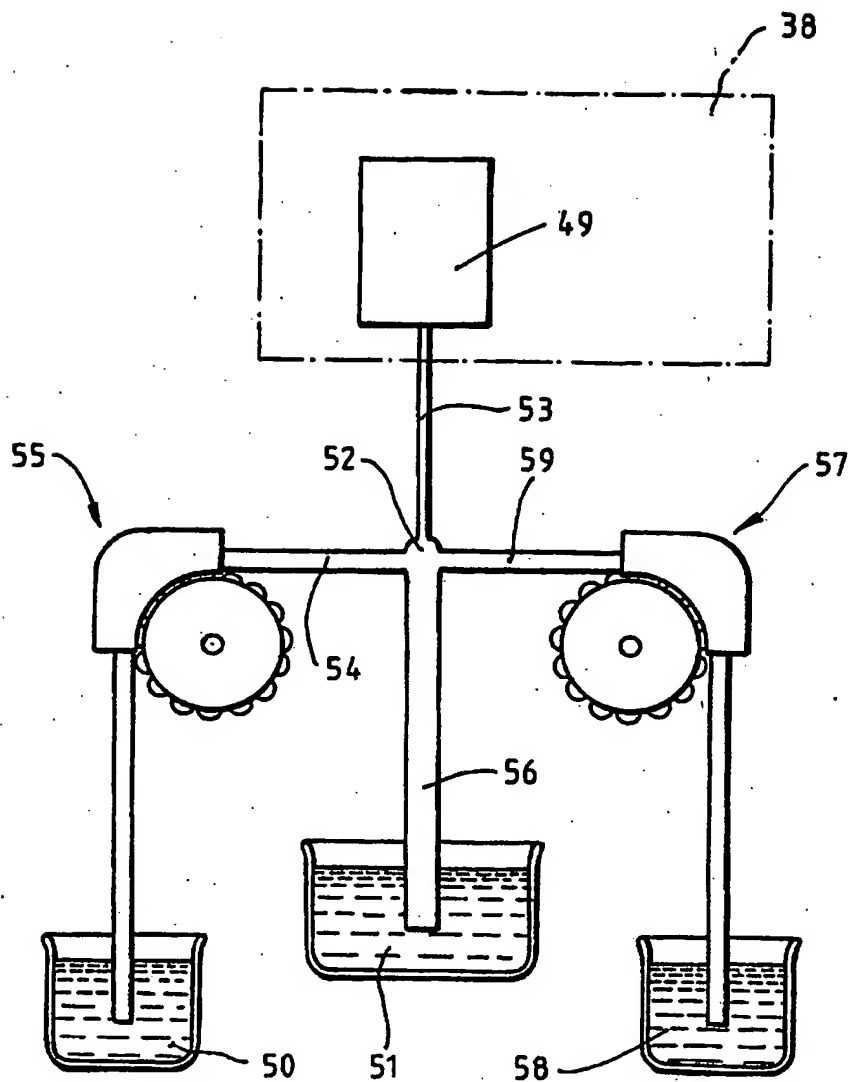


FIG. 10.